

Dispositivo GPS para monitoreo del rendimiento deportivo

Luisina Santos¹, Marcelo Guiguet², Pablo Luengo³, Mónica Sarobe, Eduardo Alvarez, Gustavo Useglio, Federico Gómez, Matías Capelli, Carlos Di Cicco

Instituto de Investigación y Transferencia en Tecnología (ITT)⁴
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)
Escuela de Tecnología (ET)
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA)

{luisina.santos, marcelo.guiguet, pablo.luengo, monica.sarobe, eduardo.alvarez, gustavo.useglio, federico.gomez, matias.capelli, carlos.dicicco}@itt.unnoba.edu.ar

Abstract. El presente trabajo se enmarca en un proyecto que utiliza la tecnología del GPS aplicada al deporte para generar un sistema de entrenamiento que permita el monitoreo de ciertos aspectos de interés del rendimiento físico del atleta en su contexto real. Facilitando así la superación deportiva mediante el análisis científico de los datos obtenidos. El propósito es desarrollar un prototipo gps económico que permita recolectar los datos necesarios para calcular los parámetros de rendimiento físico de un atleta, enfocándose en una rápida transición a un equipo final de fácil fabricación nacional y accesible para instituciones deportivas tanto amateurs como profesionales. El trabajo se desarrolla en el Instituto de Investigación y Transferencia de Tecnología de la UNNOBA, en el marco del proyecto de investigación denominado “Informática y Tecnologías Emergentes”, contó con la participación de la empresa Silamberts S.R.L. y se obtuvo financiación de la Fundación Dr. Manuel Sadosky.

Keywords: Global Positioning System, IMU, Rendimiento Deportivo, Datalogger.

1 Introducción

Este trabajo, utiliza la tecnología GPS y la aplica al deporte para desarrollar un sistema de entrenamiento para atletas de diversas disciplinas que permita monitorear los aspectos esenciales del rendimiento físico de los mismos. El antecedente de mayor relevancia es una tecnología australiana diseñada en 1990 por el equipo de investigadores del Centro de Investigación Cooperativa a cargo de Igor van de

¹ Becario ITT

² Becario CIN

³ Docente Investigador - ITT

⁴ ITT – Centro Asociado CIC

Griendt y Shaun Holthouse. En sus estudios, realizados junto al Instituto Australiano del Deporte para el análisis del rendimiento físico de atletas por medio de evidencia científica, Griendt y Holthouse encontraron que si bien el monitoreo en laboratorio permitía tener una idea detallada de las exigencias, los atletas no realizaban los mismos esfuerzos durante una competencia. Para trasladar la experiencia al campo real, desarrollaron sensores portátiles que, a fines del año 2006, comenzaron a ser comercializados bajo el nombre de Catapult [1] y prontamente se convirtieron en líderes mundiales del análisis atlético.

Actualmente, en Argentina sólo los clubes más acaudalados pueden acceder al equipamiento Catapult. Quienes no lo hacen utilizan un GPS que recolecta datos simples como distancias, tiempos, intensidades y frecuencias. A partir de ellos el preparador físico elabora informes que sirven para el diagnóstico y la planificación del entrenamiento individual según, por ejemplo, el período y la duración de la competencia. El desafío que aquí se propone es la elaboración de una tecnología de bajo costo ubicada a nivel medio entre el GPS estándar y el avanzado como el de Catapult. Esta tecnología busca brindar a los clubes locales una herramienta económicamente accesible que facilitará el diagnóstico y la planificación del entrenamiento de deportistas profesionales y amateurs.

1.1 Consideraciones de la utilización de gps deportivos

Por su peso y tamaño reducido y el ahorro de tiempo que supone el análisis automatizado de múltiples atletas y el feedback casi inmediato, estos dispositivos se convierten en una herramienta ampliamente superadora de técnicas de monitorización con carga externa [2][3]. Si bien aún presentan ciertas limitaciones en lo que hace a la fiabilidad y a la validez en la medición de carreras de alta intensidad o distancias reducidas, la inclusión de variables sin referencia exclusiva a la locomoción –tales como giros, saltos, cambios de dirección o impactos– es un valor añadido, mientras que los softwares comercializados son cada vez más potentes y flexibles en lo que al tratamiento de los datos se refiere [4].

El elevadísimo número de niveles y variables configurables a posteriori, obliga a filtrar y optimizar datos, incorporando indicadores globales capaces de recoger la máxima cantidad de información de la forma más sencilla, facilitando la programación, el control y el seguimiento de la demanda física y táctica de los deportistas. Acompañado del estudio de variables fisiológicas y del análisis de video, el seguimiento por GPS puede propiciar el abordaje holístico del rendimiento de jugadores y equipos [5].

De todas las variables con las que cuentan los equipos de GPS profesionales, en esta primera instancia se determinó centrarse en aquellas que los especialistas consideran de mayor relevancia descartando aquellas que proporcionan detalles más específicos. Así, de un encuentro con especialistas de dos clubes de la ciudad Junín (Bs As) se estableció que resultan ser cinco las fundamentales para el trabajo de todo preparador físico o director técnico. Estas variables son la posición en cancha, los saltos y tres rangos de desplazamientos: de 0 a 3 m/s, de 3 a 6 m/s y de 6 a 12 m/s.

2 Contexto

Como ya se mencionó en este documento el presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación denominado “Informática y Tecnologías Emergentes”. Allí mismo un grupo de investigadores ha trabajado en la construcción de un prototipo de GPS aplicado al deporte. Actualmente se continúa con el desarrollo de versiones más avanzadas. El equipo de trabajo, se desempeña en el ITT y ha establecido vínculos con clubes de la región para continuar con las pruebas de campo que se vienen realizando.

3 Construcción del prototipo

En la fase preliminar del trabajo se desarrolló un prototipo GPS con un Arduino Nano [6] y los módulos: GY-GPS6MV2 [7] (módulo GPS con antena cerámica), MPU9250 [8] (módulo IMU con acelerómetro de 3 ejes, giroscopio de 3 ejes y magnetómetro de 3 ejes), lector microSD [9] y RTC DS3231 (módulo de reloj en tiempo real) [10]. Este prototipo inicial posibilitó llevar a cabo las primeras pruebas, de las cuales se pudo determinar que la idea de construir un equipo de monitoreo de rendimiento deportivo de bajo costo era un desafío claramente viable.

Si bien esta versión del prototipo permitió obtener buenos resultados aún quedaban cuestiones por resolver, siendo el tamaño y la autonomía de la fuente de alimentación los temas más críticos. Para obtener un prototipo completamente funcional, el presente trabajo se ve dividido en dos etapas de mejora bien diferenciadas. Por un lado, se da enfoque a la transmisión de datos desde el prototipo al ordenador donde la información será procesada a través de una App Web desarrollada específicamente para el proyecto. Por otra parte, se refleja el proceso realizado para la construcción de un nuevo prototipo que cuenta con las mismas características que la versión anterior, pero esta vez sobre una placa de circuito impreso diseñada específicamente para el problema.

El objetivo es entonces reducir el tamaño del prototipo final, brindarle autonomía energética y, además diseñar e implementar un protocolo de comandos para comunicación que permita la transmisión de datos de forma segura y sin errores.

Con el objetivo de realizar una interconexión de los módulos mencionados anteriormente, disminuir el tamaño final del equipo y evitar errores por falso contacto de cableado se lleva a cabo el diseño de una placa de circuito impreso.

Para aprovechar al máximo el espacio de utilización de la placa y añadir funcionalidad al dispositivo desarrollado, se agrega un módulo que permite la conectividad vía Bluetooth (hc-06 [11]). La fuente de alimentación es una celda de litio de 3.7v modelo 18650. En la figura 1 se puede visualizar el diagrama de bloques del prototipo.

Los siguientes componentes se utilizan para el sistema de alimentación de la placa:

- TP4056 cargador con protección incluida
- Elevador de tensión a 5v
- 1 batería litio 18650
- Selector de alimentación construido con diodos

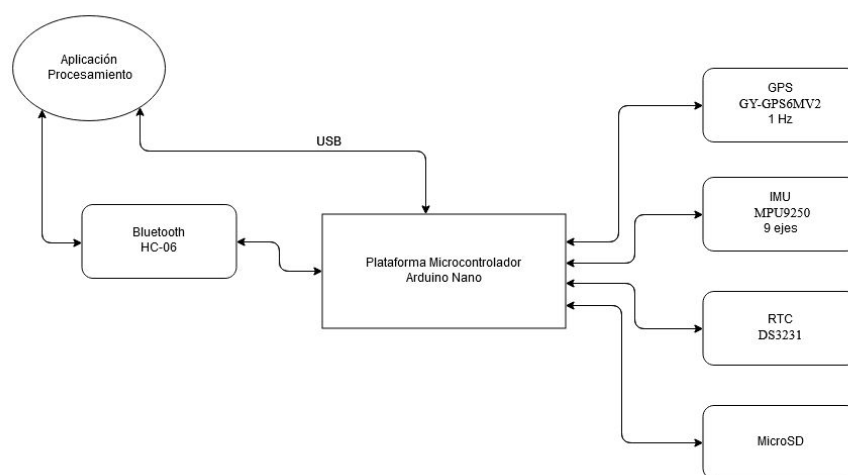


Fig. 1. Diagrama de bloques

3.1 Consideraciones en el firmware para el almacenamiento de datos

Los datos de los módulos GPS e IMU se almacenan en la memoria microSD en dos archivos diferenciados:

- G: Contiene los datos extraídos a partir del módulo GY-GPS6MV2
- I: Contiene los datos extraídos a partir del módulo MPU-9250

Se genera entonces, una trama completa para cada archivo definida de la siguiente manera:

G = <contador, fecha, latitud, longitud, cant. de satélites activos>

I = <contador, fecha, ax, ay, az, gx, gy, gz>

* fecha en formato de tiempo unix.

Debido a la capacidad reducida de la memoria de la plataforma Arduino Nano resultó necesario aplicar optimizaciones en la librerías intervinientes, principalmente en lo referido a la reducción de código y variables que no eran indispensables.

Para optimizar las funciones encargadas de la captura de los datos de los sensores IMU y GPS para almacenarlos en una memoria microSD se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

- Código innecesario
- Variables evitables
- Simplificación de operaciones
- Reducción de funcionalidades no prioritarias

4 Desarrollo del protocolo de comunicación

El objetivo de esta fase del trabajo es el desarrollo de un protocolo que permita la transmisión de datos con una tasa de error cero. Esto es, cada línea enviada desde el dispositivo hacia el ordenador será retransmitida cuantas veces sea necesario para asegurar la totalidad de los datos en el receptor.

El protocolo de comunicación a desarrollar estará basado en comandos de petición/respuesta donde el ordenador será el componente activo: Se encargará de solicitar al dispositivo cada línea de datos almacenada y en caso de detectar algún error en la trama (fallo de checksum) se procederá a la retransmisión.

También es necesario realizar un control de la conexión para reconectar automáticamente en caso de ser requerido.

Conociendo el formato que tiene la trama que se quiere transmitir y haciendo foco en la numeración incremental línea a línea que ambos archivos poseen en común, se espera que el protocolo la utilice para reconocer y controlar qué dato se está enviando en forma de ACK.

4.1 Diseño

En función del estado momentáneo en el que se encuentra el dispositivo se comporta como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla 1. Flujo de ejecución del protocolo de comandos

| Estado | Descripción |
|------------------|--|
| Inicio | El ordenador da inicio al protocolo a través de un comando enviado por el usuario. |
| Trama correcta | Si el ordenador recibe la trama completa y sin errores, entonces devuelve un ACK con el último número de línea almacenado. |
| Trama incorrecta | Si se produce un error en la transmisión, el ACK no coincide con el esperado por el dispositivo. Pasa a retransmisión. |

| | |
|---------------|---|
| Retransmisión | Si el ACK esperado por el dispositivo no coincide con el recibido por el ordenador, entonces debe retransmitir la última trama enviada. |
| Time-Out | Si en un tiempo específico el ordenador no recibe ninguna trama se asume una pérdida de conexión. Pasa a reconexión. |
| Reconexión | Se restablece la conexión sin perder el ACK de la última línea recibida correctamente y se envían los datos desde la pérdida en adelante. |
| Fin | El dispositivo reconoce que la totalidad de las líneas (n) se enviaron de forma correcta y finaliza la comunicación. |

Se diagrama a continuación la secuencia ideal al momento de establecer la comunicación y realizar la transferencia de datos:

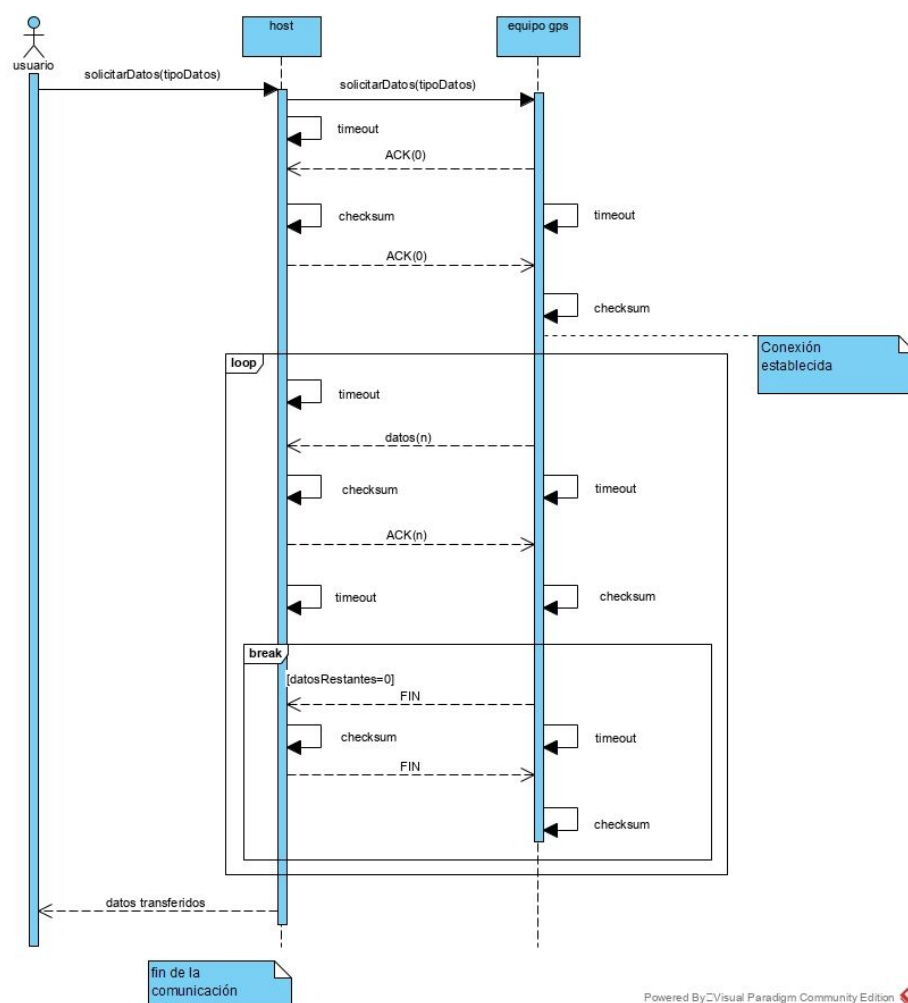


Fig. 2. Diagrama de secuencia ideal

4.2 Implementación

La implementación del diseño propuesto consiste principalmente en dos desarrollos que funcionen en conjunto. Por un lado, es necesaria una aplicación de escritorio que envíe los comandos definidos y reciba las tramas correspondientes a través del puerto Serial (vía USB o Bluetooth).

Por el otro, será necesaria la implementación de un algoritmo que le permita al microcontrolador Arduino conectarse al ordenador y enviar las tramas solicitadas por éste (Firmware).

5 Pruebas

Con el fin de llevar a cabo las correspondientes pruebas de campo se optó por montar el dispositivo en un contenedor plástico que se adapte a un corpiño deportivo.

El equipo de Fútbol femenino de la UNNOBA, en la ciudad de Junín, puso a prueba el prototipo durante un entrenamiento y se comprobó el correcto funcionamiento del módulo de registración. Además, se realizaron varias pruebas de transferencia de archivos a través del puerto USB. Las mismas reflejan una tasa de error cero con un tiempo de transferencia de 480 tramas por minuto aproximadamente.

6 Conclusión y trabajo a futuro

Los resultados positivos de las pruebas realizadas hasta el momento ratifican la viabilidad del desafío propuesto de construir un equipo accesible económicamente para monitorear el rendimiento deportivo. En esta primera etapa se logró construir un prototipo de dispositivo gps que es capaz de registrar el movimiento del atleta, transmitir los datos a una computadora para su posterior procesamiento y ser de un tamaño que permite su utilización en un corpiño deportivo.

Estos resultados son alentadores para continuar trabajando en pos de incorporar nuevas funcionalidades y superar las limitaciones que se presentan en esta versión, siendo una de las principales la reducida memoria que tiene la plataforma Arduino Nano, situación que conduce a la necesidad de simplificar aspectos del programa no permitiendo desarrollar un firmware óptimo que pueda aprovechar todas las funcionalidades que pueden brindar los módulos utilizados.

Por lo tanto, aún queda un largo camino de mejoras completamente viables que en la actualidad se encuentran siendo evaluadas. En primer lugar resulta necesario focalizar el trabajo futuro en la incorporación de plataformas de microcontroladores de 32 bit, con especial atención en el tamaño físico de las placas y asignando mayor relevancia a las que incorporan funcionalidades adicionales como socket microSD o comunicaciones inalámbricas en la misma plaqueta, lo que permitiría en principio una reducción del tamaño final del equipo. El objetivo de reducir el tamaño físico del equipo es fundamental para permitir un uso ergonómico y seguro por parte de los atletas. Además, se busca la incorporación de un sensor cardíaco que mida el pulso del atleta y brinde información que sirva como apoyo para que un especialista médico realice el correspondiente diagnóstico.

Otro punto a desarrollar en trabajos futuros es la definición de métodos estandarizados para la evaluación objetiva de los resultados provistos por el equipo, buscando reducir la variabilidad de los resultados por las condiciones particulares de cada prueba y generando opciones válidas de comparación entre cada una de las pruebas realizadas. Esto es fundamental para poder seguir avanzado, ya que de lo

contrario no hay una retroalimentación certera del funcionamiento del equipo y no se tendrá conocimiento de los ajustes que realmente haya que hacerle al equipo.

7 Formación de recursos humanos

En esta línea de I/D se han obtenido y se encuentran desarrollando actualmente dos becas de iniciación a la investigación. Asimismo, se desarrollaron dos tesinas de grado, todas ellas dirigidas por miembros de este proyecto.

Referencias

1. Catapult: About Catapult. Disponible en: <https://www.catapultsports.com/about>
2. Técnicas de análisis y métodos para el incremento de la precisión posicional relativa utilizando receptores GPS monofrecuencia (2017) Alberto Eduardo Riba, Nelson Acosta, Juan Manuel Toloza, Fernando Emmanuel Frati, Carlos Kornuta.
3. Procesamiento de sentencias NMEA-0183 para el análisis de la geometría satelital utilizando receptores GPS de bajo costo (2016) Alberto Eduardo Riba, Jorge Damián Tejada, Nelson Acosta, Juan Manuel Toloza.
4. Mejora de la precisión posicional utilizando receptores GPS de bajo costo (2016) Alberto Eduardo Riba, Nelson Acosta, Juan Manuel Toloza, Fernando Emmanuel Frati, Jorge Tejada, Carlos Kornuta.
5. CASTELLANO, Julen y CASAMICHANA, David. (2014). Deporte con dispositivos de posicionamiento global (GPS): Aplicaciones y limitaciones, UAB: Revista de Psicología del Deporte 23, n° 2, pp. 355-364
6. Datasheet Arduino NANO. Disponible en: <http://www.farnell.com/datasheets/1682238.pdf>
7. U-blox. Datasheet GY-GPS6MV2. Disponible en: https://www.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS_G6-HW-09005%29.pdf
8. Iven Sense. MPU-9250 Product Specification. Disponible en: <https://www.invensense.com/wp-content/uploads/2015/02/PS-MPU-9250A-01-v1.1.pdf>
9. (2012, Abril). Micro SD Datasheet, http://www.supertalent.com/datasheets/5_112.pdf
10. Maxim Integrated Products. (2015). Datasheet RTC DS3231. Disponible en: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/DS3231%20Datasheet.pdf
11. Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd. Datasheet HC-06. Disponible en: <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>